

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-215613

(43)Date of publication of application : 10.08.2001

(51)Int.Cl.

G03B 21/00
G02F 1/13
G02F 1/1335

(21)Application number : 2000-028369

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 04.02.2000

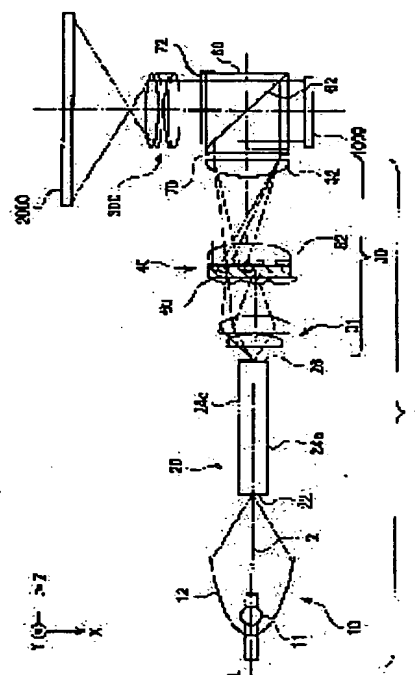
(72)Inventor : ITO YOSHITAKA

(54) PROJECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projector which is capable of realizing projected images which are high in light utilization efficiency and bright while a reflection type liquid crystal device and an integrator optical system are combined.

SOLUTION: The direction of the polarization separation by a polarization conversion element 40 of the projector having a light source lamp 10, a luminous flux splitting optical element 20, the polarization conversion element 40, a polarization selection element 60 having a polarization selection surface 62 and an electro-optic device 1000 is set in X-axis direction when the incident surface inclusive of the normal of the polarization selection surface 62 and the central axis of the incident light is assumed and when the direction parallel with the incident surface and orthogonal with the central axis of the incident light is defined as the X-axis direction and the direction orthogonal with the incident surface as Y-axis direction.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.12.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3823659

[Date of registration]

07.07.2006

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-215613

(P2001-215613A)

(43)公開日 平成13年8月10日(2001.8.10)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 3 B 21/00		G 0 3 B 21/00	D 2 H 0 8 8
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5 2 H 0 9 1
1/1335	5 2 0	1/1335	5 2 0

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 17 頁)

(21)出願番号 特願2000-28369(P2000-28369)

(22)出願日 平成12年2月4日(2000.2.4)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 伊藤 嘉高

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74)代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

Fターム(参考) 2H088 EA12 HA18 HA21 HA24 MA04

MA06

2H091 FA14Z FA26X FA41X LA18

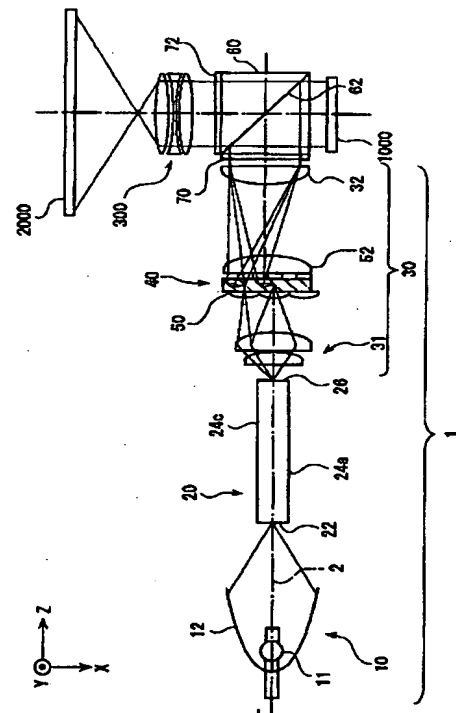
MA07

(54)【発明の名称】 プロジェクタ

(57)【要約】

【課題】 反射型液晶装置とインテグレート光学系を組み合わせながら、光利用効率が高く明るい投写画像を実現できるプロジェクタを提供する。

【解決手段】 光源ランプ10、光束分割光学素子20、偏光変換素子40、偏光選択面62を有する偏光選択素子60、および電気光学装置1000を備えたプロジェクタにおいて、偏光選択面62の法線と入射光の中心軸とを含む入射面を想定し、この入射面と平行で入射光の中心軸と直交する方向をX軸方向、入射面と直交する方向をY軸方向としたとき、偏光変換素子40による偏光分離の方向を、X軸方向とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光源からの光を、複数の部分光束に分割する光束分割光学素子と、

前記複数の部分光束のそれぞれを偏光方向が略揃った1種類の偏光光に変換する偏光変換素子と、

前記偏光変換素子から射出された照明光束を変調する電気光学装置と、

前記電気光学装置によって変調された光を投写する投写レンズと、

前記照明光束に含まれる所定の偏光成分の光を選択して前記電気光学装置に向けて射出するとともに、前記電気光学装置によって変調された光のうち所定の偏光成分の光を選択して前記投写レンズに向けて射出する偏光選択面と、を備えたプロジェクトであって、

偏光選択面の法線と前記照明光束の中心軸とによって規定される面を入射面とし、この入射面と平行で前記中心軸と直交する方向をX軸方向、前記入射面と直交する方向をY軸方向と規定したとき、前記偏光変換素子による偏光分離の方向は、前記X軸方向であることを特徴とするプロジェクト。

【請求項2】請求項1に記載のプロジェクトにおいて、前記電気光学装置は、前記偏光選択面で透過および反射された光のいずれかが入射する位置に配置され、入射した光を変調し、光が入射した面から変調光を射出する反射型液晶装置であることを特徴とするプロジェクト。

【請求項3】請求項1または請求項2に記載のプロジェクトにおいて、前記光束分割光学素子は、前記Y軸方向の前記複数の光源像の間隔を決めるように構成されることを特徴とするプロジェクト。

【請求項4】請求項3に記載のプロジェクトにおいて、前記光束分割光学素子は、入射端面から入射した光を複数対の反射面にて反射させ、その反射位置の違いに応じて光を分割し、射出端面から複数の部分光束として射出するロッドであり、

前記Y軸方向において対向する一対の反射面の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向うに従って次第に広がるように配置されることを特徴とするプロジェクト。

【請求項5】請求項4に記載のプロジェクトにおいて、前記ロッドは、前記X軸方向において対向する一対の反射面の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って次第に狭くなるように配置されることを特徴とするプロジェクト。

【請求項6】請求項4または請求項5に記載のプロジェクトにおいて、

前記ロッドは、その射出端面が前記電気光学装置の表示領域の形状と略相似形となっていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項7】請求項4～請求項6のいずれかに記載のプロジェクトにおいて、

前記ロッドは、導光性を有する材料からなる中実の導光体から構成されていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項8】請求項4～請求項6のいずれかに記載のプロジェクトにおいて、

前記ロッドは、筒状体の内側面に光反射面を形成した中空の導光体から構成されていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項9】請求項3に記載のプロジェクトにおいて、前記光束分割光学素子は、前記X軸方向およびY軸方向に複数の集光レンズを配列して構成されるレンズアレイであることを特徴とするプロジェクト。

【請求項10】請求項9に記載のプロジェクトにおいて、前記複数の集光レンズは、前記電気光学装置の表示領域の形状と略相似形となっていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項11】請求項9または請求項10に記載のプロジェクトにおいて、

前記複数の集光レンズは、偏心レンズを含むことを特徴とするプロジェクト。

20 【請求項12】請求項9～請求項11のいずれかに記載のプロジェクトにおいて、

前記光源と前記偏光変換素子との間には、前記照明光束の全体の断面寸法を前記Y軸方向に縮める縮小光学系が配置されていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項13】請求項12に記載のプロジェクトにおいて、

前記縮小光学系は、さらに、前記照明光束の全体の断面寸法を前記X軸方向にも縮めることを特徴とするプロジェクト。

30 【請求項14】請求項12または請求項13に記載のプロジェクトにおいて、前記縮小光学系は、前記光束分割光学素子の入射側または射出側の一方に配置された少なくとも1つの凸レンズと、前記偏光変換素子の入射側に配置された少なくとも1つの凹レンズとを備えていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項15】請求項12～14のいずれかにおいて、前記凸レンズ、前記凹レンズのうち少なくとも一方が、2つ以上のレンズの組み合わせによって構成されていることを特徴とするプロジェクト。

40 【請求項16】請求項1～請求項11のいずれかに記載のプロジェクトにおいて、

前記偏光変換素子と前記偏光選択面との間には、前記照明光束の全体の断面寸法を前記Y軸方向に縮める縮小光学系が配置されていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項17】請求項15に記載のプロジェクトにおいて、

前記縮小光学系は、さらに、複数の部分光束からなる光束全体の断面寸法を前記X軸方向に縮めることを特徴とするプロジェクト。

50 【請求項18】請求項15または請求項16に記載のプロジェクトにおいて、

ロジェクタにおいて、前記縮小光学系は、少なくとも1つ以上の凹レンズを用いて構成される組レンズであることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項19】請求項12～請求項17のいずれかに記載のプロジェクタにおいて、

前記縮小光学系は、シリンドリカルのレンズを含んで構成されることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項20】請求項1～請求項18のいずれかに記載のプロジェクタにおいて、

前記偏光変換素子は、2種類の偏光光のうち、一方の偏光光を透過し、他方の偏光光を反射する偏光分離膜と、前記2種類の偏光光の射出方向を揃えるために、前記他方の偏光光を反射する反射膜と、前記2種類の偏光光の偏光方向を揃える位相差板とを有することを特徴とするプロジェクタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光源からの光を、光束分割光学素子によって該光束分割光学素子の略中心を通る仮想の照明光軸と略直交する仮想面内に複数の光源像を形成する複数の部分光束に分割し、複数の部分光束のそれぞれを偏光変換素子により偏光方向が略揃った1種類の偏光光束に変換した後、この偏光光束の偏光状態を電気光学装置により変化させると共に偏光選択素子により選択して画像情報に応じた光学像を形成し、その光学像を拡大投写するプロジェクタに関する。

【0002】

【背景技術】近年、反射型の液晶装置を用いたプロジェクタが注目されている。このような反射型液晶装置においては、液晶を駆動するためのトランジスタ等の構造体を反射ミラーの下に造り込むことにより、画素密度を高くすることができる。したがって、反射型液晶装置は、透過型の液晶装置を使用した場合よりも解像度が高く鮮明な投写画像を実現できるという利点を有する。

【0003】また、液晶装置等の電気光学装置を使用したプロジェクタにおいて、明るく表示ムラのない投写画像を実現しつつ装置全体の小型化を図るため、インテグレート光学系や偏光変換素子の使用が提案されている

(特開平8-34127、特開平10-232430等)。インテグレート光学系では、光源からの光を光束分割光学素子により複数の部分光束に分割して複数の光源像を形成し、それらを疑似光源と見立てて、複数の光源像からの光を液晶パネル上で重畳させることにより、強度分布が揃った照明光を得ることができる。また、偏光変換素子では、複数の部分光束に分離して偏光変換を行った後、それらの光を液晶装置上で重畳させることにより、偏光方向が揃った照明光を得ている。

【0004】このため、反射型液晶装置を使用したプロジェクタにインテグレート光学系や偏光変換素子を組み合わせて使用すれば、解像度が高くより明るく表示ムラ

のない投写画像を実現することができると考えられる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、表示モードとして偏光モードを利用する反射型液晶装置をプロジェクタに使用する場合には、一般的に、偏光状態の異なる光を空間的に分離、選択する偏光選択素子（例えば、偏光ビームスプリッタ）が使用されるが、この偏光選択素子はその偏光選択特性に大きな入射角依存性を有する。具体的には、入射光の略中心軸と偏光選択素子の偏光選択面の法線を含む入射面を規定した場合、その入射面と直交する平面内において光の入射角が大きくなると、偏光選択性能が著しく低下する。この現象は偏光選択面とそこに入射する光との幾何学的な位置関係に大きく依存するため、偏光選択性能の著しい低下を防止することは非常に難しい。一方、入射面内において光の入射角が大きくなると偏光選択性能はやはり低下するが、その低下の程度は入射面と直交する平面内におけるそれと比べて比較的小さく、また、偏光選択面の構成を工夫することによって偏光選択性能の低下を防止することが可能である。従って、偏光選択素子における偏光選択性能を向上させるためには、入射面と直交する平面内における光の入射角を可能な限り小さくすることが重要となる。

【0006】また、インテグレート光学系や偏光変換素子を用いた光学系では、その光学的プロセス上、照明光の入射角の角度分布が広がってしまう現象が避けられない。

【0007】このため、反射型液晶装置を使用したプロジェクタにインテグレート光学系や偏光変換素子を組合せて使用する場合には、偏光選択面に入射する光の入射角が広がるため、偏光選択面の偏光選択性能が低下し、かえって光の利用効率が低下したり明るさムラが発生するという問題があった。

【0008】本発明の目的は、反射型液晶装置とインテグレート光学系や偏光変換素子とを組み合わせながら、光利用効率が高く、明るい高画質の投写画像を実現できるプロジェクタを提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係るプロジェクタは、偏光変換素子による偏光分離の方向や光束分割光学素子の特性等を工夫することにより、前記目的を達成するものである。

【0010】(1)本発明のプロジェクタは、光源からの光を、複数の部分光束に分割する光束分割光学素子と、複数の部分光束のそれぞれを偏光方向が略揃った1種類の偏光光に変換する偏光変換素子と、この偏光変換素子から射出された照明光束を変調する電気光学装置と、この電気光学装置によって変調された光を投写する投写レンズと、照明光束に含まれる所定の偏光成分の光を選択して電気光学装置に向けて射出するとともに、電

気光学装置によって変調された光のうち所定の偏光成分の光を選択して投写レンズに向けて射出する偏光選択素子と、を備えたプロジェクタである。そして、この偏光選択面の法線と照明光束の中心軸とを含む入射面を想定し、この入射面と平行で前記中心軸と直交する方向をX軸方向、この入射面と直交する方向をY軸方向と規定したとき、偏光変換素子による偏光分離の方向が、X軸方向であることを特徴とする。

【0011】このような本発明によれば、偏光選択面は、その偏光分離性能が入射光束に対して大きな入射角依存性を有する。特に、入射面に直交するY軸方向に光の入射角が大きくなると、偏光選択性能が著しく低下する。一方、偏光変換素子では、偏光方向が異なる2種類の偏光光が各部分光束からそれぞれ生成されるため、各部分光束の幅はその分離の方向において略2倍に増大し、その方向において光の角度分布が広がってしまう。そこで、偏光選択素子における偏光選択性能を向上させるためには、偏光選択性能の入射角依存性とそこに入射する光の角度分布の広がりとを考慮することが重要となる。

【0012】本発明では、偏光変換素子における偏光分離の方向をX軸方向にしているため、偏光選択面に入射する光のY軸方向における入射角の広がりを抑えることができる。よって、偏光選択面の偏光選択性能を比較的高い状態で維持することができ、明るくコントラスト比の高い投写画像を実現することが可能となる。

【0013】(2)電気光学装置としては、例えば、偏光選択面で透過および反射された光のいずれかが入射する位置に配置され、入射した光変調し、光が入射した面から変調光を射出する反射型液晶装置を採用することが考えられる。

【0014】(3)光束分割光学素子は、Y軸方向の複数の光源像の間隔を狭めるように構成されていることが好ましい。

【0015】すなわち、Y軸方向における光源像の間隔を狭めることにより、Y軸方向における光の入射角の広がりをさらに小さく抑えることができるので、偏光選択面の偏光選択性能を非常に高い状態で維持することができ、極めて明るくコントラスト比の高い投写画像を実現することが可能となる。

【0016】(3-1)光束分割光学素子としては、入射端面から入射した光を複数対の反射面にて反射させ、その反射位置の違いに応じて光を分割し、射出端面から複数の部分光束として射出するロッドを採用することができる。

【0017】ここで、ロッドとしては、導光性を有する材料からなる中実のもの(中実ロッド)や、筒状体の内側面に光反射面を形成した中空のもの(中空ロッド)を採用することができる。中実ロッドであれば、反射面における反射が光損失を伴わない全反射となるので、光の

利用効率を一層向上できる。中空ロッドであれば、入射端面から入射した光がロッド内部の空気層を介して射出端面に達するので、入射端面から射出端面までの寸法を比較的短く設定しても均一な照明光を実現することができ、さらに中実ロッドの場合よりも製造が容易であるという利点がある。

【0018】中実ロッドまたは中空ロッドを採用する場合、少なくともX軸方向およびY軸方向に向けて対向する2組の反射面を備えていればよく、ロッド断面を四角形以上の多角形、例えば八角形、十二角形等とすることもできる。

【0019】但し、光源から光束分割光学素子への光伝達効率を考慮すれば、光源から光束分割光学素子に入射する光の断面形状は略円形であるため、これらのロッドの入射端面は正形状にするのが好ましい。また、後段に配置される電気光学装置への照明効率を考慮すれば、ロッドの射出端面上に形成された像は1カ所の被照明領域である電気光学装置の表示領域上で重畳されるので、ロッドの射出端面を電気光学装置の表示領域の形状と略相似形にするのが好ましい。

【0020】光束分割光学素子として上述したロッドを採用する場合、Y軸方向において対向する一対の反射面の間隔を入射端面から射出端面に向かって次第に広がるように配置することにより、Y軸方向の光源像の間隔を狭めることができる。

【0021】また、さらに、ロッドのX軸方向において対向する一対の反射面の間隔を、ロッドの入射端面から射出端面に向かって次第に狭くなるように配置してもよい。この場合には、X軸方向の光源像の配置間隔を広げることができるので、光源像の大きさを十分考慮して偏光変換素子の偏光分離膜と反射膜との間隔を設定できる。よって、偏光変換素子における偏光変換効率を向上させることができ、結果的に、プロジェクタにおける光利用効率を向上させることが可能となる。

【0022】(3-2)光束分割光学素子としては、偏光選択素子のX軸方向およびY軸方向に複数の集光レンズを配列して構成されるレンズアレイを採用することもできる。

【0023】この場合は、複数の集光レンズの集光特性の設計により、Y軸方向の複数の光源像の間隔を狭めることが可能である。尚、レンズアレイを構成する集光レンズとしては、表面を曲面状に成形してなる一般的なレンズを採用することができる他、ホログラフィ効果や回折により光を集光するホログラムレンズや回折レンズを採用することもできる。

【0024】また、レンズアレイの各集光レンズ上に形成された像は、1カ所の被照明領域である電気光学装置の表示領域上で重畳されるので、各集光レンズは電気光学装置の表示領域の形状と略相似形とすることが好ましい。これによって、照明効率を向上させることができ

る。

【0025】また、レンズアレイを構成する複数の集光レンズの一部或いは全部は、偏心レンズであることが好ましい。

【0026】すなわち、集光レンズの一部或いは全部を偏心レンズとすることにより、各集光レンズの物理的中心以外の位置に光源像を形成できるため、仮想面上に形成される複数の光源像間の間隔を自在に制御することができる。

【0027】(4) 光束分割光学素子としてレンズアレイを採用した場合、光源から偏光変換素子に至る光路中に縮小光学系を配置することが好ましい。そして、この縮小光学系によって照明光の全体の断面寸法をY軸方向に縮めることにより、Y軸方向における光の入射角の広がりをさらに小さく抑えることができる。

【0028】このような縮小光学系を配置することにより、照明光全体の断面寸法を、Y軸方向に縮めることができる。このため、Y軸方向における光の入射角の広がりをさらに小さく抑えることができ、偏光選択面の偏光選択性能を非常に高い状態で維持することができる。したがって、極めて明るくコントラスト比の高い投写画像を実現することが可能となる。また、被照明領域を照明する光束全体の径を小さくできるため、投写レンズとして、コストの高いF値の小さなレンズを採用する必要もないことから、プロジェクタの低コスト化を実現できる。

【0029】また、この場合において、Y軸方向の断面寸法のみならず、X軸方向の断面寸法を小さくしてもよい。この場合には、偏光選択面の偏光選択性能をさらに高い状態で維持することが可能となる。

【0030】このような縮小光学系は、レンズアレイの入射側または射出側の一方に配置される少なくとも1つの凸レンズと、偏光選択素子の入射側に配置される少なくとも1つの凹レンズとにより構成することができる。この場合に、照明光束のY軸方向の断面寸法のみを小さくする場合には、凹レンズ及び凸レンズとしてシリンドリカルレンズを用いることができる。尚、凸レンズ及び凹レンズは、それぞれ1つのレンズ体により構成できるが、光学収差の低減を考慮すれば、複数のレンズを組み合わせた組レンズとすることが好ましい。

【0031】(5) 上記のプロジェクタにおいて、偏光変換素子と偏光選択素子との間に、Y軸方向における照明光の断面寸法を縮める縮小光学系を配置することができる。

【0032】この縮小光学系は、1つの凹レンズにより構成できるが、複数のレンズを組み合わせた組レンズにより構成することもでき、光学収差の低減を考慮すれば、組レンズを採用することが好ましい。この場合には、凹レンズ及び凸レンズとしてはシリンドリカルレンズのものを用いることができる。

【0033】このような縮小光学系を採用することによっても、(4)の場合と同様の効果を得ることが出来る。

【0034】また、この場合においても、Y軸方向のみならず、照明光のX軸方向における断面寸法をも縮めるようにしてもよい。この場合には、凹レンズ及び凸レンズとしては軸対象である一般的な曲面レンズを用いることができる。

【0035】尚、上記の一連の縮小光学系を構成する凸レンズや凹レンズとしては、表面を曲面状に成形してなる一般的なレンズの他に、ホログラフィ効果や回折により光を集光するホログラムレンズや回折レンズであっても良い。

【0036】(6) 偏光変換素子としては、2種類の偏光光のうち、一方の偏光光を透過し、他方の偏光光を反射する偏光分離膜と、2種類の偏光光の射出方向を揃えるために、他方の偏光光を反射する反射面と、2種類の偏光光のうちいずれかの偏光方向を回転する位相差板とを有する偏光変換素子を採用することが好ましい。

【0037】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。以下の説明において、Z軸方向は光の進行方向を、Y軸方向は光の進行方向に向って12時の方向を(図1では紙面と直交する方向)、X軸方向は光の進行方向に向って3時の方向を示す。なお、図1～図13において、同様の構成部分については、同様の符号を用いている。

【0038】A. 第1実施形態

図1は、本発明のプロジェクタの第1実施形態を示す概略平面図である。

【0039】このプロジェクタは、照明装置1と、偏光選択面を備えた偏光ビームスプリッター60と、電気光学装置としての液晶装置1000と、投写レンズ300とを備えている。照明装置1から射出された光は、液晶装置1000により画像情報に応じた変調が施され、投写レンズ300により拡大投写されて投写面2000上に投写画像を形成するように、構成されている。

【0040】1. 照明装置

照明装置1は、仮想の照明光軸Lに沿って配置された光源ランプ10と、光源ランプ10からの光を複数の光源像を形成する複数の部分光束に分割する光束分割光学素子としてのロッド20と、該ロッド20の射出端面26上の像を被照明領域に伝達するリレー光学系30と、そのリレー光学系30の中に配置されて偏光分離及び偏光変換を行う偏光変換素子40とを備えている。被照明領域は、光変調により画像を生成する電気光学装置の一例としての液晶装置1000によって形成されている。なお、本実施形態における液晶装置1000の表示面の形状は、X軸方向の寸法とY軸方向の寸法が等しい正方形状を想定している。

【0041】1-1 光源ランプ

光源ランプ10は、放射状に光線を放射する光源11と、光源11から放射された光を集める楕円リフレクタ12とを備えており、楕円リフレクタ12の2つの焦点の内の一方は光源11またはその近傍に、また、他方はロッド20の入射端面22またはその近傍に位置するように設定されている。光源11から放射された光は楕円リフレクタ12によってロッド20の入射端面22付近に集光され、集光された状態でロッド20に入射する。なお、楕円リフレクタ12に代えてパラボラリフレクタ

10

【0042】1-2 光束分割光学素子

光束分割光学素子としてのロッド20は、光源ランプ10からの光を複数の部分光束に分割して、X-Y平面内に略マトリクス状に位置する複数の光源像Sを形成するための部材である。

【0043】このロッド20は透明な導光性の材料、例えばガラス材によって形成された棒状の中実ロッドであり、図2に示すように、光が入射する入射端面22と、光を反射させて伝達する4つの反射面24a、24b、24c、24dと、伝達された光が射出される射出端面26と、を有する6面体である。この場合、4つの反射面24a、24b、24c、24dでは光損失を伴わない全反射を生じ、それを利用して光の伝達を行うため、ロッド20では高い光伝達効率を実現できる。

20

【0044】入射端面22と射出端面26のX-Y平面における断面形状はいずれも矩形状であり、特に、本実施形態の場合には、入射端面22と射出端面26の形状は被照明領域である液晶装置1000の表示領域の形状と略相似形となるように、すなわち正方形状に、各々形成されている。反射面24aと反射面24cとは互いに平行であり、反射面24bと反射面24dとは互いに平行である。このロッド20に入射した光は、反射面24a、24b、24c、24dにおける反射位置と反射回数の違いに応じて、射出端面26からの射出角度が異なる複数の部分光束に分割される。

30

【0045】ロッド20から異なる角度で射出された複数の部分光束は、集光レンズ31によって集光され、ロッド20から所定の距離を隔てた位置で、射出端面26と略平行で照明光軸Lと直交するX-Y平面内に略マトリクス状に複数の光源像Sを形成する。ここで、複数の光源像Sが形成されるX-Y平面を仮想面Pと呼称する。

40

【0046】複数の光源像Sが形成される仮想面Pまたはその近傍には、図1に示すように、第1伝達レンズ50、偏光変換素子40、第2伝達レンズ52が配置される。

50

【0047】1-3 偏光変換素子

偏光変換素子40は、入射した光を所定の直線偏光光に変換する機能を有しており、図3(a)はその構成を説明するための水平断面図、図3(b)は外観斜視図である。

【0048】偏光変換素子40は、複数の透光性部材41A、41Bと、透光性部材間に交互に配置された複数の偏光分離膜42及び反射膜44と、偏光分離膜42に対応する位置に設けられた偏光方向回転手段である位相差板48とを含んで形成されている。偏光変換素子40は、偏光分離膜42及び反射膜44が形成された透光性部材41Aと、偏光分離膜42、反射膜44が形成されていない透光性部材41Bを交互に接着剤で貼り合わせ、その後、透光性部材41Bに位相差板48を貼りつけることによって形成されている。このX軸方向がX軸方向に、また、Y軸方向はY軸方向に相当する。なお、全ての偏光分離膜42及び反射膜44は同じ向きに配列される必要はなく、例えば隣接する透光性部材41A、41BがY-Z平面を対称面として互い違いに折り返して位置するように配置することもできる。また、本実施形態では偏光分離膜42と反射膜44との間隔を全て同じにしているが、異なっても良い。

【0049】ここで、便宜上、偏光変換素子40の光が入射する側の面において、偏光分離膜42に直接対応する面を「入射面45A」、反射膜44に直接対応する面を「入射面45B」と呼称し、同様に、光が射出される側の面において、偏光分離膜42に直接対応する面を「射出面46A」、反射膜44に直接対応する面を「射出面46B」と呼称する。透光性部材41A、41Bが上述のように配置されることから、図3(a)、(b)に示すように、入射面45A及び入射面45Bは、偏光分離膜42における偏光分離方向、すなわちX軸方向に沿って交互に所定間隔をおいて複数形成される。同様に、射出面46A及び射出面46Bも、X軸方向に沿って交互に所定間隔をおいて複数形成される。

【0050】偏光分離膜42は、入射する非偏光な光を偏光方向が略直交する2種類の直線偏光光に空間的に分離する機能を有する。すなわち、偏光分離膜42に入射した光は、偏光分離膜42を透過する透過光である第1の直線偏光光と、偏光分離膜42で反射されその進行方向を略90度曲げられる反射光である第2の直線偏光光とに分離される。本実施形態では、第1の直線偏光光をP偏光光、第2の直線偏光光側をS偏光光としており、偏光分離膜42は反射光であるS偏光光をX軸方向と略平行に反射するような特性及び角度に形成されている。この偏光分離膜42は、誘電体多層膜により実現することができる。

【0051】反射膜44は、偏光分離膜42からの反射光を再度反射し、その進行方向を透過光の進行方向と略同一方向に向ける機能を有する。この反射膜44は誘電

体多層膜やアルミニウム膜等で実現することができる。

【0052】位相差板48は、透過光または反射光の内の一方の偏光光の偏光方向を他方の偏光光の偏光方向に略一致させる機能を有する。本実施の形態では、位相差板48として1/2波長板が使用され、図3(a)、

(b)に示すように、射出面46Aのみに選択的に配置されている。したがって、偏光分離膜42を透過した光の偏光方向だけが略90°回転され、偏光変換素子40から射出する光のほとんどが1種類の偏光光となる。本実施形態では、偏光変換素子40から射出される光のほとん

【0053】なお、偏光分離膜42にて分離された2つの偏光光の偏光方向を1種類の偏光光に統一することが可能である限り、位相差板の種類およびその位置は限定されない。例えば、射出面46A及び射出面46Bのそれぞれに光学特性の異なる位相差板を各々配置して、各位相差板を通過する偏光光の偏光方向を揃えるような構成としても良い。

【0054】このような偏光変換素子40が用いられることから、光源ランプ10から射出された非偏光な光を1種類の偏光光に効率よく変換することができる。従って、1種類の偏光光しか利用できない液晶装置1000において、光の利用効率を向上させることが可能となる。

【0055】1-4 リレー光学系

リレー光学系30は、図1に示したように、ロッド20の射出端面26に形成された像を被照明領域である液晶装置1000に伝達するための伝達光学系である。本実施の形態において、リレー光学系30は、集光レンズ31、第1伝達レンズ50、第2伝達レンズ52、および平行化レンズ32を含んで構成されている。

【0056】集光レンズ31は、ロッド20の射出端面26の近傍に配置され、ロッド20からの部分光束を第1伝達レンズ50を経て偏光変換素子40に導き入れる機能を有する。本実施形態の集光レンズ31は、集光レンズ31a、31bの2枚の集光レンズを組合せた組レンズで構成されているが、これに限定されず、一般的な単レンズを用いても良い。但し、部分光束を偏光変換素子40に導く際に発生し易い光学収差を低減するためには、組レンズや非球面レンズの使用が適している。

【0057】第1伝達レンズ50は、複数の矩形状の集光レンズ51を略マトリックス状に組合せたレンズアレイであり、複数の部分光束のそれぞれを偏光変換素子40の入射面45A(図3参照)に効率的に導き入れる機能を有している。集光レンズ51の数とその配置は、部分光束により形成される光源像の数とその形成位置に対応するように決定されている。第1伝達レンズ50を形成する集光レンズ51の形状は限定されないが、本実施形態のように、複数の矩形状の集光レンズを平面的に配列して板状に形成したものが利用し易い。また、複数の

集光レンズ51を用いて構成すれば、各々の集光レンズ51の集光特性を最適化できるため、光束を伝達する際に発生し易い光学収差を効果的に低減することができる。但し、ロッド20から射出される光束の特性(例えば放射角が小さい場合)によっては、複数の集光レンズを用いずに1つのレンズによって第1伝達レンズを構成しても良く、さらには、省略することも可能である。

【0058】第2伝達レンズ52は、偏光変換素子40の射出側に配置され、偏光変換素子40から射出する複数の部分光束を被照明領域である液晶装置1000上に伝達し、それらの部分光束を一か所の被照明領域上で重畳させる機能を有する。本実施形態の第2伝達レンズ52は、1枚のレンズによって構成されているが、先の第1伝達レンズ50と同様に複数のレンズによって構成されたレンズアレイとしてもよい。

【0059】なお、本実施形態では、第1伝達レンズ50を偏光変換素子40の入射側に、第2伝達レンズ52を偏光変換素子40の射出側に配置しているが、これらの伝達レンズ50、52は、偏光変換素子40の入射側あるいは射出側に2つまとめて配置しても良く、この場合、2つの伝達レンズ50、52の機能をまとめて1つのレンズとしても良い。この場合には、照明装置の低コスト化を図ることができる。また、本実施形態では、第1伝達レンズ50を偏光変換素子40の入射側に配置するため、これに複数の部分光束のそれぞれを偏光変換素子40の入射面45Aに効率的に導き入れるという機能を持たせており、また、第2伝達レンズ52を偏光変換素子40の射出側に配置しているため、これに複数の部分光束を液晶装置1000上に重畳させるという機能を持たせている。しかしながら、各伝達レンズ50、52に持たせる機能は、各伝達レンズ50、52が配置される位置によって適宜変更しても良い。

【0060】平行化レンズ32は、被照明領域である液晶装置1000の入射側に配置され、偏光変換素子40から第2伝達レンズ52を経て液晶装置1000に入射する複数の部分光束を各々の中心軸に略平行な光に変換して、効率的に液晶装置1000に導き入れる機能を有する。従って、平行化レンズ32は必ずしも必要なものではなく、省略することもできる。

【0061】このようなリレー光学系30を配置することから、ロッド20の射出端面26上に形成された像は、拡大あるいは縮小されて被照明領域である液晶装置1000上に伝達される。

【0062】2. 偏光ビームスプリッタ、液晶装置、投写レンズ

偏光ビームスプリッター60は、2つの直角プリズムの間に偏光選択面62を挟んで接合したものであり、非偏光光を偏光方向が略直交する二種類の直線偏光光に分離する機能を有する光学素子である。偏光選択面62は偏光変換素子40を形成する偏光分離膜42と同様に誘電

体多層膜で形成される。

【0063】照明装置1から射出されたS偏光光束は、偏光ビームスプリッター60に入射し、偏光選択面62で反射され、反射型の液晶装置1000に向けて射出される。液晶装置1000は、図示しない外部からの画像信号に応じて光を変調して偏光状態を変化させる。なお、反射型の液晶装置1000は周知であるため、その構造や動作に関する詳細な説明は省略する。

【0064】液晶装置1000によって変調された光は、偏光ビームスプリッター60に入射する。ここで、液晶装置1000によって変調された光は画像信号に応じて部分的にP偏光状態に変換されており、このP偏光状態に変換された光束が、偏光選択面62を透過して、投写レンズ300に向けて射出される。投写レンズ300に向けて射出された光は、投写レンズ300を介してスクリーンなどの投写面2000上に投写される。

【0065】偏光ビームスプリッター60の入射側及び射出側に配置された2つの偏光板70、72は、それらの偏光板を通過する偏光光束の偏光度をさらに高める機能を有している。照明装置1から射出される偏光光束の偏光度が十分に高い場合には偏光板70を省略することができ、同様に、偏光ビームスプリッター60から投写レンズ300に向けて射出される偏光光束の偏光度が十分に高い場合には偏光板72を省略することができる。

【0066】本実施形態では、偏光ビームスプリッター60を挟んで投写レンズ300と対向する位置に液晶装置1000を配置しているが、偏光ビームスプリッター60を挟んで照明装置1と対向する位置に液晶装置1000を配置することもできる。その場合には、照明装置1から射出される照明光束の偏光状態を予めP偏光状態に揃えておき、液晶装置1000から射出されS偏光光束が投写光学系に入射するように構成すればよい。あるいは、偏光ビームスプリッター60の偏光選択面62を、P偏光光束を反射し、S偏光光束を透過するような特性にしておけば良い。

【0067】3. 偏光分離方向と偏光選択面62との関係

図4は、偏光選択面62と、そこに入射する光束との幾何学的な位置関係を示したものである。図4において、入射面4は、偏光選択面62に入射する照明光束の中心軸2と偏光選択面62の法線Hとによって規定される仮想的な面であり、X-Z平面と平行である。

【0068】偏光選択面62の偏光分離性能は、大きな入射角依存性を有する。すなわち、入射面4と平行なX軸方向や、入射面4と直交するY軸方向において光の入射角が大きくなると、偏光分離性能が低下する。先に説明したように、偏光選択面62は、照明光に含まれるS偏光光束を反射して液晶装置1000に向けて射出するとともに、液晶装置1000によって変調された光のうちP偏光光束を選択して投写レンズ300に向けて射出

している。したがって、偏光選択面62の偏光分離性能が低下すると、液晶装置1000に導かれるS偏光光束の量が減ることになるため、光の利用効率が低下し、投写画像が暗くなる。しかも、液晶装置1000によって変調された光のうち特定の偏光光を選択するフィルタとしての機能も低下してしまうため、投写画像のコントラスト比も低下してしまう。

【0069】ここで、入射面4と平行なX軸方向における入射角依存性は、偏光選択面62の構造（例えば、誘電体膜の種類やその構成の仕方）を工夫することによって、十分低減することが可能である。一方、入射面4と直交するY軸方向における入射角依存性は、偏光選択面62とそこに入射する光との幾何学的な位置関係によって支配されるため、偏光選択面62の構造を工夫することでは解消できない。従って、偏光選択面62に角度を伴って光を入射させる場合に偏光選択面62の偏光分離性能を維持するためには、特に、入射面4と直交するY軸方向における入射角度を小さくすることが重要となる。

【0070】そこで、本実施形態では、図1、図3(a)に示すように、偏光変換素子40による偏光分離の方向を、入射面4と平行なX軸方向とすることにより、Y軸方向における入射角度のひろがりを防いでいる。すなわち、偏光変換素子40による偏光分離がX軸方向に行なわれるため、X軸方向には照明光束全体の径が拡大してしまうものの、入射面4と直交するY軸方向における照明光束全体の径が拡大してしまうことはない。その結果、入射面4と直交するY軸方向における入射角度の広がりを防ぐことができ、偏光選択面62の偏光分離性能を比較的高い状態で維持することが可能となる。よって、明るくコントラストの高い投写画像を実現することができる。

【0071】B. 第2実施形態

仮想面P上に形成される光源像Sの間隔は、ロッドの反射面の間隔を調節することによって、任意に制御することができる。ロッドの入射端面から射出端面に向かうにしたがって反射面の間隔を狭くしていけば、光源像Sの間隔を広げることができる。以下、ロッドの入射端面から射出端面に向かうにしたがって反射面の間隔が狭くなっている状態を「テーパー状態」と呼称する。逆に、入射端面から射出端面に向かうにしたがって反射面の間隔を広くしていけば、光源像Sの間隔を狭めることができる。以下、入射端面から射出端面に向かうにしたがって反射面の間隔が広がっている状態を「逆テーパー状態」と呼称する。

【0072】本実施形態は、Y軸方向において対向するロッドの反射面を逆テーパー状態とした実施形態を示すものであり、ロッドの形状以外は、第1実施形態のプロジェクタと同様である。よって、ロッド以外の部分については、その説明を省略する。また、第1実施形態で説

明した各構成要素の変形の形態を本実施形態に適用することも可能である。

【0073】図5は本実施形態におけるロッド210と光源像Sとの形成位置との関係を示す概略斜視図である。ロッド210の入射端面212と射出端面216のX-Y平面における断面形状はいずれも矩形状である。本実施形態の場合は、射出端面216の形状が、被照明領域である液晶装置の形状と略相似形となるように形成されている。X軸方向で対向する一对の反射面214a、214cは、互いに平行である。Y軸方向で対向する一对の反射面214b、214dは、逆テーパ状態となっている。このため、第1実施形態におけるロッド20の場合と比較すると、複数の光源像Sの配置間隔は、逆テーパ状態を成す一对の反射面214b、214dが対向するY軸方向に狭くなっている。

【0074】したがって本実施形態では、偏光選択面62の入射面4と直交するY軸方向における入射角度の広がりやさらに抑えることができ、偏光選択面62の偏光分離性能をかなり高い状態で維持することが可能となる。よって、極めて明るくコントラストの高い投写画像を実現することができる。

【0075】さらに、本実施形態では、Y軸方向における光源像Sの配置間隔を狭めた結果、偏光変換素子40や偏光ビームスプリッタのY軸方向の寸法も小さくすることができ、照明装置の小型化と低コスト化、ひいてはプロジェクタの小型化と低コスト化を実現することができる。さらに、投写レンズ300の寸法も小さくでき、口径の小さなレンズを用いても明るい投写画像を実現できる。

【0076】C. 第3実施形態

次に、本発明の第3実施形態について説明する。本実施形態は、Y軸方向において対向するロッドの反射面を第2の実施形態と同様に逆テーパ状態とし、さらに、X軸方向において対向するロッドの反射面をテーパ状態とした実施形態を示すものであり、ロッドの形状以外は、第1実施形態のプロジェクタと同様である。よって、ロッド以外の部分については、その説明を省略する。また、第1実施形態で説明した各構成要素の変形の形態を本実施形態に適用することも可能である。

【0077】図6は本実施形態におけるロッド220と光源像Sとの形成位置との関係を示す概略斜視図である。ロッド220の入射端面222と射出端面226のX-Y平面における断面形状はいずれも矩形状である。本実施形態の場合は、射出端面226の形状が、被照明領域である液晶装置の形状と略相似形となるように形成されている。Y軸方向で対向する一对の反射面214b、214dは、逆テーパ状態となっている。このため、第1実施形態におけるロッド20の場合と比較すると、複数の光源像Sの配置間隔は、逆テーパ状態を成す一对の反射面224b、224dが対向するY軸方向

に狭くなっている。したがって本実施形態では、第2の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0078】さらに、本実施形態では、X軸方向で対向する一对の反射面224a、224cが、テーパ状態となっている。このため、第1実施形態におけるロッド20の場合と比較すると、複数の光源像Sの配置間隔は、テーパ状態を成す一对の反射面224a、224cが対向するX軸方向に広がる。

【0079】ここで、偏光変換素子40の偏光変換効率と光の入射位置との関係について、図3(a)、図3(b)を参照して説明する。第1の実施形態で説明したように、偏光変換素子40は、入射面45Aに照射され、偏光分離膜42に入射した光をP偏光光とS偏光光とに分離し、S偏光光を反射膜44でP偏光光と同じ方向に反射するとともに、P偏光光を位相差板48によってS偏光光光に変換し、最終的にS偏光光光を射出するものである。しかしながら、偏光変換素子40の入射面45Bに光が照射されると、この光は反射膜44を経て偏光分離膜42に入射することになる。したがって、偏光分離膜42において、第1の偏光光束がX軸方向に透過し、第2の偏光光束がZ軸方向に反射されてしまう。その結果、入射面45Aを介して偏光分離膜42に直接入射した場合とは異なる偏光光が射出面46A、46Bから射出されてしまうことになる。すなわち、偏光変換素子40によって、非偏光光束を第2の偏光光束に変換しようとしているのに、第1の偏光光束が射出されてしまい、偏光変換効率が低下することになってしまう。このことから、偏光変換素子40において高い偏光変換効率を得るためには、入射面45Aのみに選択的に光束を入射させることが極めて重要であることがわかる。つまり、光源像Sの大きさよりも入射面45Aの大きさが大きくなるように、偏光分離膜42と反射膜44との間隔を設定することが好ましいのである。

【0080】本実施形態では、光源像Sの大きさよりも入射面45Aの大きさが十分に大きくできるように、X軸方向における光源像Sの間隔を広げている。したがって、ロッド220からの光束を、偏光変換素子40の入射面45Aの部分のみに十分な余裕を持って入射させることができ、偏光分離膜42への光の入射効率を確実に向上させることができる。その結果、偏光変換素子40における偏光変換効率をさらに確実に向上させつつ、プロジェクタにおける光利用効率を向上させることが可能となる。

【0081】なお、光源ランプ10が点光源に近い場合は、光源像Sの大きさを比較的小さくすることができるため、その場合は、本実施形態のように光源像SのX軸方向における配置間隔を広げる必要がない。すなわち、本実施形態は、光源11が点光源にあまり近くなく、光源像Sの大きさが大きくなってしまいうような場合に、極めて有効である。

【0082】D. 第4実施形態

図7は、本発明の第4実施形態の概略的構成を示す水平断面図である。この第4実施形態は、照明装置の構成が第1実施形態と一部相違している。それ以外の構成については、先に説明した第1実施形態と同様である。よって、第1実施形態と同様の構成については、その説明を省略する。また、第1実施形態で説明した各構成要素の変形の形態を本実施形態に適用することも可能である。なお、図7では、偏光ビームスプリッター60、偏光板70、72、投写レンズ300、投写面2000の図示を省略している。

【0083】照明装置1Aは、光源ランプ15と、レンズアレイ600と、第1伝達レンズ610と、偏光変換素子40と、第2伝達レンズ620と、平行化レンズ32と、を備えている。本実施形態は、ロッドに代えて、複数の集光レンズからなるレンズアレイ600を光束分割光学素子として使用する点に特徴を有する。照明装置1Aは、光源ランプ15から射出された光をレンズアレイ600によって複数の部分光束に分割し、各部分光束を偏光変換素子40によって種類の偏光光に変換した後、被照明領域である液晶装置1000の表示領域上に重畳させる。

【0084】光源ランプ15は、光を放射する光源11と、光源11から放射された光を集めるパラボラリフレクタ14とを備えている。リフレクタはパラボラに限定されるものではなく、光源ランプ15よりも光路下流側に配置されるレンズアレイ600、伝達レンズ610、620、偏光変換素子40などの構成によっては、楕円リフレクタ、球面リフレクタを使用することも可能である。

【0085】レンズアレイ600は、複数の集光レンズ600aが略マトリクス状に配置されたものである。各集光レンズ600aの外形状は、被照明領域である液晶装置1000の表示領域の形状と略相似形をなすように設定される。光源ランプ10からレンズアレイ600に入射した光は、各集光レンズ600aの集光作用により複数の部分光束に分割され、照明光軸Lに対して略垂直なX-Y平面内に集光レンズ600aの数と同数の光源像を略マトリクス状に形成する。ここで、各集光レンズ600aは、複数の光源像が、偏光変換素子40の入射面45A（図3参照）上のみに形成されるような集光特性に設定される。本実施形態では、複数の集光レンズ600aの一部に偏心レンズを採用することにより、光源像が形成される間隔を制御している。

【0086】さらに、偏光変換素子40の入射側に配置された第1伝達レンズ610は、第1の実施形態における第1伝達レンズ50とほぼ同様の機能を有する。第1伝達レンズ610は、レンズアレイ600を構成する集光レンズ600aと同数の集光レンズ610aを有している。本実施形態では、集光レンズ610aの一部を偏

心レンズで構成している。各集光レンズ610aの位置は、複数の光源像が形成される位置に対応するように構成されている。610また、各集光レンズ610aの集光特性は、レンズアレイ600によって分割された各部分光束をを偏光変換素子40偏光変換素子40の入射面45Aに対して略垂直に入射させるように設定されている（図3参照）。従って、偏光変換素子40の入射面45Aに対して光を入射角度0度に近い状態で入射させることができるため、偏光変換効率を向上させることが可能となる。なお、集光レンズ610aの形状には制約はないが、矩形形状や六角形状などに設定すれば、アレイ化し易いため都合がよい。

【0087】第2伝達レンズ620は、第1実施形態における第2伝達レンズ52と同様の機能、すなわち、レンズアレイ600によって分割された部分光束を被照明領域である液晶装置1000の表示領域上で重畳する機能を有する。第2伝達レンズ620は、本実施形態では、第2伝達レンズは1枚の軸対称の球面レンズで形成されているが、これに限定されるものではない。例えば、レンズアレイや、フレネルレンズや、複数のレンズからなる組レンズなどを採用することもできる。このようなレンズを用いた場合には、各種の光学収差を低減することが可能である。また、フレネルレンズを用いた場合には、レンズの中心厚を薄くすることができるため、照明装置1Aを軽量化したい場合に都合がよい。

【0088】本実施形態においても、第1実施形態と同様の効果を得ることが可能である。

【0089】尚、本実施形態では、レンズアレイ600、第1の伝達レンズ610を構成する集光レンズ600a、610aの一部を偏心レンズとしたが、必ずしも偏心レンズを使用する必要はない。また、すべての集光レンズ600a、610aを偏心レンズとしても良い。また、本実施形態において、レンズアレイ600の集光レンズ600aの集光特性を、光源像のY軸方向の配置間隔を狭めるように設定することが可能である。さらに、X軸方向の配置間隔を広げるように設定することも可能である。このように集光レンズ600aの集光特性を設定することにより、第2実施形態や第3実施形態と同様の効果を得ることが可能である。

【0090】E. 第5実施形態

図8は、第5実施形態の概略的構成を示す水平断面図である。この第4実施形態は、上述した第4実施形態の変形例であって、第1伝達レンズ612が偏光変換素子40と第2伝達レンズ620の間に配置されている点が第4実施形態と異なっている。その他の点については第4実施形態と同様である。よって、第4実施形態と同様の構成については、その説明を省略する。また、第4実施形態で説明した各構成要素の変形の形態を本実施形態に適用することも可能である。なお、図8では、偏光ビームスプリッター60、偏光板70、72、投写レンズ3

00、投写面2000の図示を省略している。

【0091】第1伝達レンズ612は、第4実施形態における第1伝達レンズ610と同様、複数の集光レンズ612aによって構成されたレンズアレイである。第4実施形態における第1伝達レンズ610は、部分光束を偏光変換素子40の入射面45Aに対して略垂直に入射させるという機能を有していたが、本実施形態の第1伝達レンズ612は偏光変換素子40の射出側に配置されるため、このような機能は有していない。本実施形態の構成は、実質的に、第4実施形態における第1伝達レンズ610を省略することになる。したがって、光源ランプ15から射出される光の特性、例えば平行性が優れている場合に採用し易い。

【0092】本実施形態の基本的な作用効果は、第4実施形態の作用効果と同様であるが、本実施形態によれば、さらに、第1伝達レンズ612と第2伝達レンズ620とを光学的に一体化することで界面の数を減らすことができるため、光損失を低減できる効果がある。また、第1伝達レンズ612に第2伝達レンズ620の機能を併せ持たせられるため、第2伝達レンズ620を省略し、照明装置、ひいてはプロジェクタの低コスト化を図ることも可能である。

【0093】なお、本実施形態では、偏光変換素子40の射出面46Aと射出面46B（図3参照）の2つに対して1つの集光レンズ612aが対応する形態となっているが、偏光変換素子40の射出面46Aと射出面46Bの各々に1対1で対応するように集光レンズ612aを配置すれば、すなわち、図8の集光レンズ612aの2倍の数の集光レンズ612aを用いて第1伝達レンズ612を形成すれば、第1伝達レンズ612における光利用効率を一層向上させることが可能である。

【0094】F. 第6実施形態

図9は、本発明のプロジェクタの第6実施形態の概略的構成を示し、図9(a)はX軸方向から見た垂直断面図、図9(b)はY軸方向から見た水平断面図である。

【0095】この第6実施形態は、先に説明した第3実施形態の変形例であって、レンズアレイ600と第1伝達レンズ610との間に、縮小光学系としてのアフォーカル光学系700が配置されている点に特徴を有する。その他の点については第3実施形態と同様である。よって、第3実施形態と同様の構成については、その説明を省略する。また、第3の実施形態で説明した各構成要素の変形の形態を本実施形態に適用することも可能である。なお、図9(a)、(b)では、偏光ビームスプリッター60、偏光板70、72、投写レンズ300、投写面2000の図示を省略している。

【0096】アフォーカル光学系700は、通過する光の平行性をあまり悪化させることなく光束全体の径を縮小化する機能を有する。本実施形態では、Y軸方向のみに曲率を有するシリンダリカル凸レンズ710とシリン

ドリカル凹レンズ712によってアフォーカル光学系700が構成されている。シリンダリカルレンズ710、712と同等の機能を2枚以上のレンズからなる組レンズによって実現することもでき、その場合には、光学収差を低減できるという効果がある。シリンダリカル凸レンズ710は、レンズアレイ600の射出側に設置され、シリンダリカル凸レンズ710を通過する光をY軸方向にのみ屈折させて照明光軸Lの方向に内向させる。一方、シリンダリカル凹レンズ712は、第1伝達レンズ610の入射側に設置され、シリンダリカル凸レンズ710からの内向した光を照明光軸Lに対して略平行化する。本実施形態では、このように、Y軸方向のみに曲率を有するシリンダリカルレンズ710、712によって構成されたアフォーカル光学系700を用いているため、光束のY軸方向における広がり度をさらに抑えることができ、偏光選択面62の偏光分離性能をかなり高い状態で維持することが可能となる。よって、極めて明るくコントラストの高い投写画像を実現することが可能となる。さらに、本実施形態では、Y軸方向における光束の広がり度を抑えた結果、偏光変換素子40や偏光ビームスプリッター60のY軸方向の寸法も小さくすることができ、照明装置の小型化と低コスト化、ひいてはプロジェクタの小型化と低コスト化を達成することができる。

【0097】また、投写レンズ300の寸法も小型化でき、口径の小さなレンズを用いても明るい投写画像を実現することができる。

【0098】さらに、本実施形態の場合には、レンズアレイ600の集光レンズ600aのY軸方向における集光特性を複雑に設定することなく、容易に、偏光選択面62の偏光分離性能を高い状態に維持することが可能となる。

【0099】なお、本実施形態ではY軸方向にのみ曲率を有するシリンダリカルレンズ710、712を用いていたが、2方向に曲率を有するレンズレンズ、あるいはトーリックレンズを用いても良い。このようにすれば、X軸方向における光束全体の広がり度も抑えることが可能となり、偏光選択面62の偏光分離性能をより高い状態に維持することが可能となる。

【0100】G. 第7実施形態に係る照明装置

図10は、本発明のプロジェクタの第7実施形態の概略的構成を示す垂直断面図である。この第7実施形態は、上述した第6実施形態の変形例であり、縮小光学系としてのアフォーカル光学系700を構成するシリンダリカル凸レンズ710が、光束分割光学素子としてのレンズアレイ600の入射側に配設される点に特徴を有する。その他の構成については第6実施形態と同様であるので、その説明を省略する。また、第6実施形態で説明した各構成要素の変形の形態を本実施形態に適用することも可能である。なお、図10では、偏光ビームスプリッター60、偏光板70、72、投写レンズ300、投写

面 2000 の図示を省略している。

【0101】本実施の形態のように、シリンダリカル凸レンズ 710 の位置を変えても、第 6 実施形態と同様の作用効果を達成することが可能である。

【0102】なお、シリンダリカル凹レンズ 712 を第 1 伝達レンズ 610 の射出側に配置した構成としてもよい。

【0103】H. 第 8 実施形態

図 11 は、本発明のプロジェクタの第 8 実施形態の概略的構成を示す図であり、図 11 (a) は X 軸方向から見た垂直断面図、図 11 (b) は Y 軸方向から見た水平断面図である。この第 8 実施形態は、先に説明した第 6、第 7 実施形態の変形例であり、第 6、第 7 実施形態におけるレンズアレイ 600 と第 1 伝達レンズ 610 にアフォーカル光学系の機能を持たせている点に特徴を有する。すなわち、光束分割光学素子であるレンズアレイ 800 と第 1 伝達レンズ 810 によって縮小光学系であるアフォーカル光学系を実現している。これ以外の構成については、第 6、第 7 実施形態と同様である。そして、第 6、第 7 実施形態で説明した各構成要素の変形の形態を本実施形態に適用することも可能である。なお、図 11 (a)、(b) では、偏光ビームスプリッター 60、偏光板 70、72、投写レンズ 300、投写面 2000 の図示を省略している。

【0104】レンズアレイ 800 は、マトリクス状に配置された複数の集光レンズ 800 a によって構成される。光源ランプ 15 から射出された光は、レンズアレイ 800 を構成する各集光レンズ 800 a の集光作用により、複数の部分光束に分割され、照明光軸 L と略直交する X-Y 平面内に、集光レンズ 800 a と同数の光源像 S を形成する。また、レンズアレイ 800 は、第 6、第 7 実施形態におけるシリンダリカル凸レンズ 710 と同様に、光を Y 軸方向に屈折させて、照明光軸 L の方向に内向させる機能も有している。

【0105】第 1 伝達レンズ 810 は、マトリクス状に配置された複数の集光レンズ 810 a によって構成される。各集光レンズ 810 a の位置は、複数の光源像が形成される位置に対応するように構成されている。各集光レンズ 810 a の集光特性は、各集光レンズ 810 a を通過した部分光束が偏光変換素子 40 の入射面 45 A に対して略垂直に入射するように設定されている。また、第 1 伝達レンズ 810 は、第 6、第 7 実施形態におけるシリンダリカル凹レンズ 712 と同様、光を照明光軸 L に対して略平行化する機能も有している。

【0106】本実施形態によっても、上述した第 6、第 7 実施形態の場合と同様の作用効果を達成することが可能である。さらに、光束分割光学素子であるレンズアレイ 800 及び第 1 伝達レンズ 810 によって、第 6、第 7 実施形態のアフォーカル光学系 700 と同様の機能を実現できることから、部材点数の省略による照明装置の

小型化、軽量化、及び低コスト化等を実現することが可能となる。

【0107】I. 第 9 実施形態に係る照明装置

図 12 は、本発明のプロジェクタの第 9 実施形態の概略的構成を示す垂直断面図である。

【0108】この第 9 実施形態は、先に説明した第 3 の実施形態の変形例であって、第 2 伝達レンズ 620 と平行化レンズ 32 との間に、縮小光学系としての凹レンズ系 900 が配置されている点に特徴を有する。その他の点については第 3 実施形態と同様である。よって、第 3 実施形態と同様の構成については、その説明を省略する。また、第 3 実施形態で説明した各構成要素の変形の形態を本実施形態に適用することも可能である。なお、図 12 では、偏光ビームスプリッター 60、偏光板 70、72、投写レンズ 300、投写面 2000 の図示を省略している。

【0109】凹レンズ系 900 は、光学収差を低減するため、2 枚の凹レンズ 900 a、900 b を組み合わせることで形成された組レンズで構成されており、光束全体の径を X 軸及び Y 軸方向に圧縮する作用を有している。したがって、光束の Y 軸方向、X 軸方向における広がりやさらに抑えることができ、偏光選択面 62 の偏光分離性能をかなり高い状態で維持することが可能となる。よって、極めて明るくコントラストの高い投写画像を実現することが可能となる。さらに、本実施形態では、Y 軸方向や X 軸方向における光束の広がりを抑えた結果、偏光変換素子 40 や偏光ビームスプリッター 60 の寸法も小さくすることができ、照明装置の小型化と低コスト化、ひいてはプロジェクタの小型化と低コスト化を達成することができる。また、投写レンズ 300 の寸法も小型化でき、口径の小さなレンズを用いても明るい投写画像を実現することができる。

【0110】なお、凹レンズ系 900 を Y 軸方向にのみ曲率を有するシリンダリカル凹レンズとし、Y 軸方向における光の広がりだけを抑えた構成としても良い。また、凹レンズ系 900 を、第 1～第 3 実施形態のようにロッドを用いたプロジェクタに用いても良い。

【0111】J. 第 10 実施形態

図 13 は、本発明の第 10 実施形態に係るプロジェクタの要部を示す概略的水平断面図である。本実施形態は、上記第 1～第 9 実施形態に係るプロジェクタの変形例であり、偏光ビームスプリッター 60 から射出された光を、分光手段としてのくさび型プリズムを用いて赤色光、青色光、緑色光に分離し、色光毎に対応して設けられた 3 枚の反射型の液晶装置に各色光を入射させてカラー画像を実現する点に特徴を有する。図 13 に示す構成部分は、第 1～第 9 実施形態の平行化レンズ 32 以降の構成と置き換え可能な部分である。平行化レンズ 32 より光源側の部分、投写レンズ 300、投写面 2000 については、図示、説明、ともに省略する。

【0112】分光手段100は、3つのプリズム100a、100b、100cを組合せて形成されている。くさび型プリズム100aは、三角形の断面形状を有する柱状を成し、くさび型プリズム100bと近接する面上には赤色光を反射し他の色光を透過する赤色用ダイクロイック膜Rが形成されている。くさび型プリズム100aは、偏光ビームスプリッター60とくさび型プリズム100bとの間に、極僅かな隙間を有するように配置されている。くさび型プリズム100bは、くさび型プリズム100aと類似の形状をなし、くさび型プリズム100cと接着される面上には青色光を反射し他の色光を透過する青色用ダイクロイック膜Bが形成されている。プリズム100cは、一辺が斜辺として形成された略台形状の断面を有する柱状のプリズムである。プリズム100cの斜辺に相当する面は、くさび型プリズム100bの青色用ダイクロイック膜Bが形成された面に接着されている。

【0113】液晶装置1000Rは、赤色光専用の反射型液晶装置であり、くさび型プリズム100aの赤色用ダイクロイック膜Rが形成されず、偏光ビームスプリッター60とも近接していない面に対面させて設置されている。また、液晶装置1000Bは、青色光専用の反射型液晶装置であり、くさび型プリズム100bの青色用ダイクロイック膜Bが形成されず、くさび型プリズム100aとも近接していない面に対面させて設置されている。さらに、液晶装置1000Gは、緑色光専用の反射型液晶装置であり、プリズム100cの斜辺の対辺に相当する面に対面させて設置されている。各液晶装置1000R、1000B、1000Gの基本的な構造は、上述した各実施形態に使用される液晶装置1000と同じであり、液晶層や画素電極等の光学的特性が対応する色光の波長域に応じて最適化されている。

【0114】本実施形態において照明装置から射出され偏光ビームスプリッター60の偏光選択面62にて反射された偏光光（例えばS偏光光）は、まず、くさび型プリズム100aに入射し、赤色用ダイクロイック膜Rにて反射される赤色光と、赤色用ダイクロイック膜Rを透過する青色光及び緑色光に分離される。赤色用ダイクロイック膜Rにて反射された赤色光は、くさび型プリズム100aの偏光ビームスプリッター60と対面する界面で全反射した後、赤色専用の液晶装置1000Rに入射し、図示されない外部からの画像情報に基づいて変調される。次に、赤色用ダイクロイック膜Rを透過した青色光と緑色光は、くさび型プリズム100bに入射し、青色用ダイクロイック膜Bにて反射される青色光と、青色用ダイクロイック膜Bを透過する緑色光に分離される。青色用ダイクロイック膜Bにて反射された青色光は、くさび型プリズム100bのくさび型プリズム100aと対面する界面で全反射した後、青色専用の液晶装置1000Bに入射し、図示されない外部からの画像情報に基

づいて変調される。最後に、青色用ダイクロイック膜Bを透過した緑色光は、プリズム100c内を略直進して緑色専用の液晶装置1000Gに入射し、図示されない外部からの画像情報に基づいて変調される。

【0115】各液晶装置1000R、1000B、1000Gで反射された各色光は入射時と同一の光路を戻って投写光として合成され、偏光ビームスプリッター60に再度入射する。ここで、外部からの画像情報に基づいて変調された偏光光は部分的にP偏光光となっているため、その偏光光は偏光選択面62を透過し、投写手段である投写レンズ300によって前方の投写面2000上に拡大投写される。3枚の液晶装置1000R、1000B、1000Gにより変調された3つの色光は、以上の過程において投写面2000上では同位置に重なるように投写され、カラー画像を表示する。なお、偏光ビームスプリッター60を挟んで照明装置と対向する位置に分光手段100を配置した構成を採用することもできる。その場合には、照明装置から射出される照明光の偏光状態を予めP偏光状態に揃えておき、反射型の液晶装置1000R、1000G、1000Bから射出されS偏光光が投写レンズ300に入射するように構成すればよい。

【0116】なお、本実施形態では、図13に示すように、各液晶装置1000R、1000B、1000Gの寸法に比べて、偏光ビームスプリッター60等の寸法が相対的に大きくなっている。このため、特に、縮小光学系であるアフォーカル光学系700や凹レンズ系900を採用した第5～第8の実施形態と組み合わせれば、偏光ビームスプリッター60の小型化を実現できる点で都合がよい。

【0117】本実施形態では、第1～第9実施形態のいずれかと同様の効果を得ることが可能である。

【0118】K. その他の実施形態

本発明実施形態は、上述の例に限定されるものではなく、発明の範囲内において種々変更することができる。例えば、上述した第1実施形態～第3実施形態において、ロッド20、210、220は、導光性を有する材料からなる中実ロッドで構成されていたが、光反射面を有する部材、例えば反射ミラー（表面反射ミラーが望ましい）によって形成された筒状の中空ロッドであっても良い。その場合には、中空ロッドの内側に向けられた反射面で光は反射され、ガラス材などに比べて屈折率が低い空气中を光は伝達する。反射面には一般的な反射ミラーやその反射ミラーの表面に誘電体などにより増反射膜を形成したものなどを使用することができる。中空ロッドは導光性の材料の塊からなる中実ロッドよりも製造が容易であることから、中実ロッドを使用する場合よりも照明装置の低コスト化を図ることが可能となる。さらに、中空ロッドの内部は屈折率がほぼ1に等しい空気であるため、屈折率が1より大きい中実ロッドを使用する

25

場合よりもロッド20、210、220のZ軸方向の寸法を短くでき、照明装置の小型化、ひいてはプロジェクタの小型化を図ることができる可能性がある。

【0119】また、プロジェクタは、スクリーンを背面から投写するリア型でも、前面から投写するフロント型でもかまわない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のプロジェクタの第1実施形態を示す概略平面図である。

【図2】前記実施形態におけるロッドと光源像Sとの形成位置との関係を示す概略斜視図である。

【図3】前記実施形態における偏光変換素子の構成を示す図であり、図3(a)は水平断面図、図3(b)は外観斜視図である。

【図4】前記実施形態における偏光選択面と、そこに入射する光束との幾何学的な関係を示す説明図である。

【図5】本発明の第2実施形態に係るロッドと光源像Sとの形成位置との関係を示す概略斜視図である。

【図6】本発明の第3実施形態に係るロッドと光源像Sとの形成位置との関係を示す概略斜視図である。

【図7】本発明のプロジェクタの第4実施形態を示す概略の水平断面図である。

【図8】本発明のプロジェクタの第5実施形態を示す概略の水平断面図である。

【図9】本発明のプロジェクタの第6実施形態の概略的構成を示し、図9(a)はX軸方向から見た垂直断面図、図9(b)はY軸方向から見た水平断面図である。

【図10】本発明のプロジェクタの第7実施形態の概略的構成を示す垂直断面図である。

26

【図11】本発明のプロジェクタの第8実施形態の概略的構成を示す図であり、図12(a)はX軸方向から見た垂直断面図、図12(b)はY軸方向から見た水平断面図である。

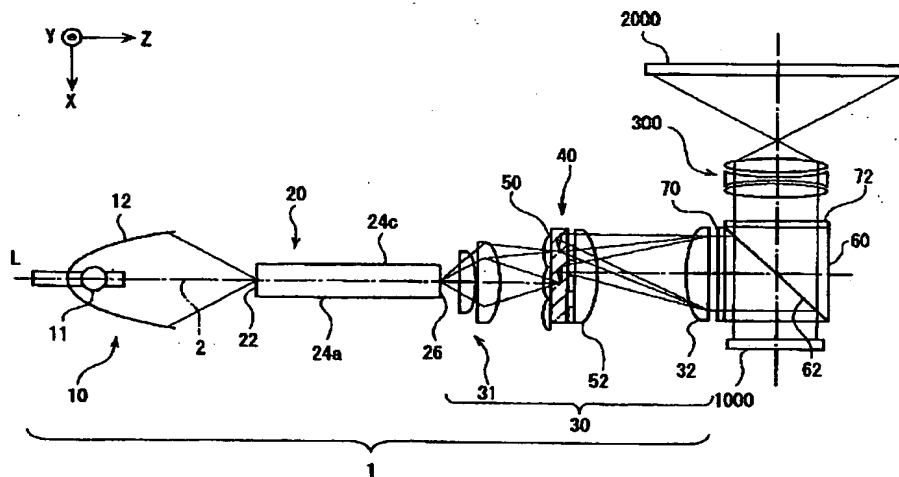
【図12】本発明のプロジェクタの第9実施形態の概略的構成を示す垂直断面図である。

【図13】本発明のプロジェクタの第10実施形態を示す概略の水平断面図である。

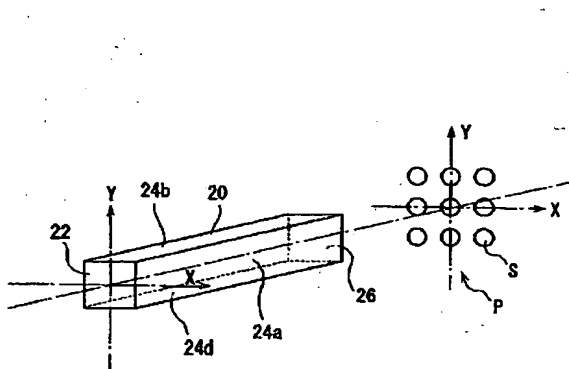
【符号の説明】

- 4 入射面
- 10、15 光源ランプ
- 20、210、220 ロッド
- 30 リレー光学系
- 32 平行化レンズ
- 40 偏光変換素子
- 48 位相差板
- 50 第1伝達レンズ
- 52 第2伝達レンズ
- 60 偏光ビームスプリッター
- 62 偏光選択面
- 100 分光手段
- 300 投写レンズ
- 600、800 レンズアレイ
- 610、612、810 第1伝達レンズ
- 620 第2伝達レンズ
- 700 アフォーカル光学系
- 1000 電気光学装置
- 2000 投写面

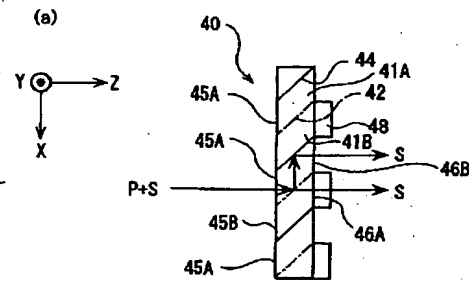
【図1】



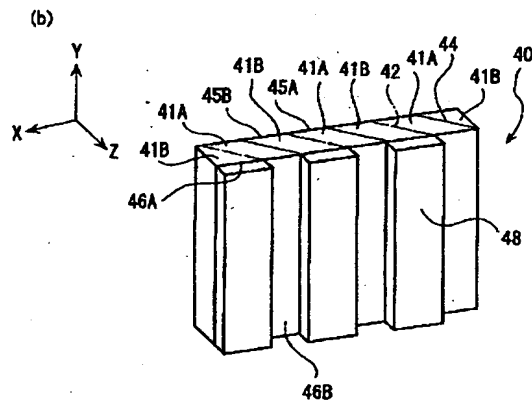
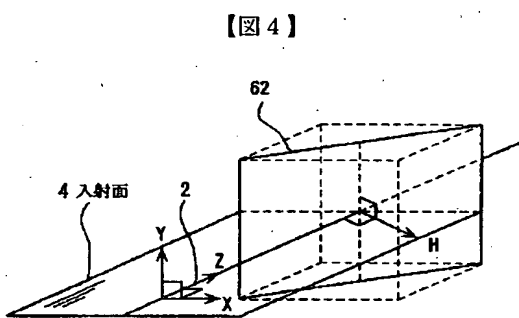
【図2】



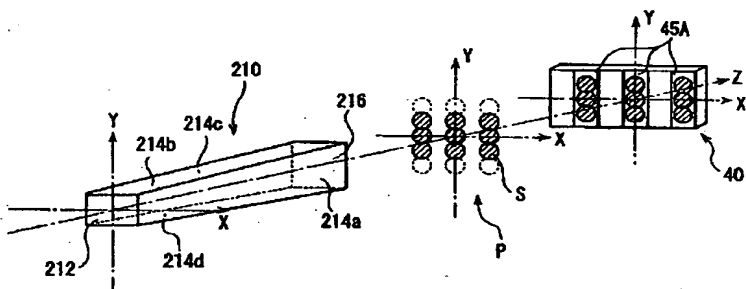
【図3】



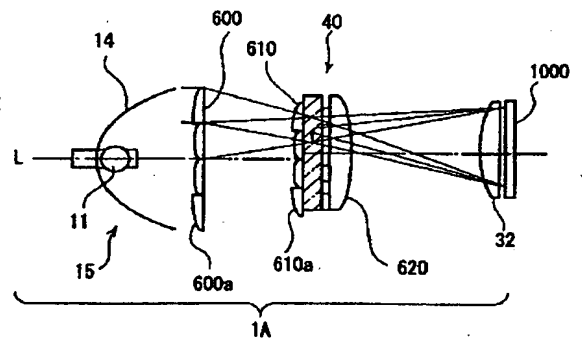
【図4】



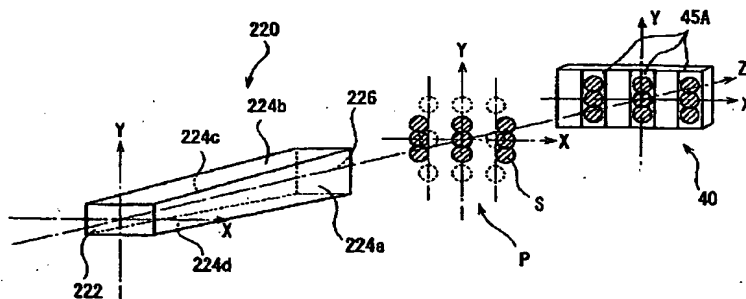
【図5】



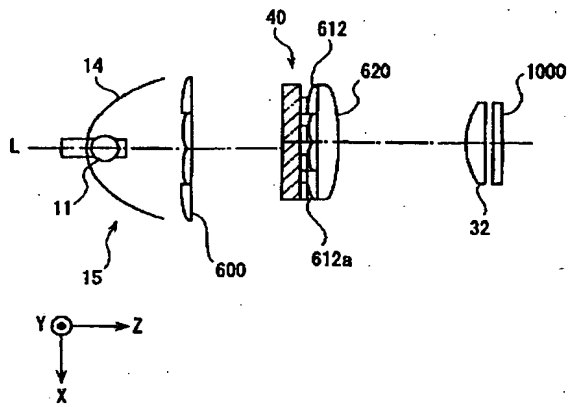
【図7】



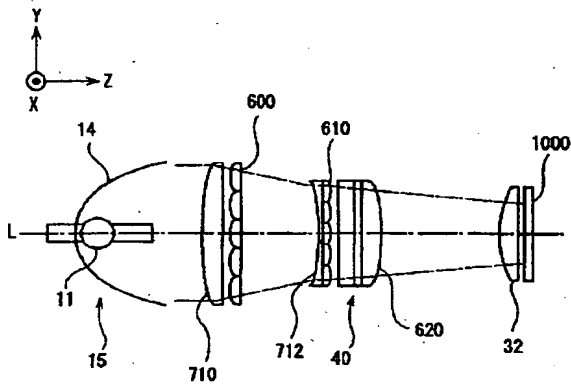
【図6】



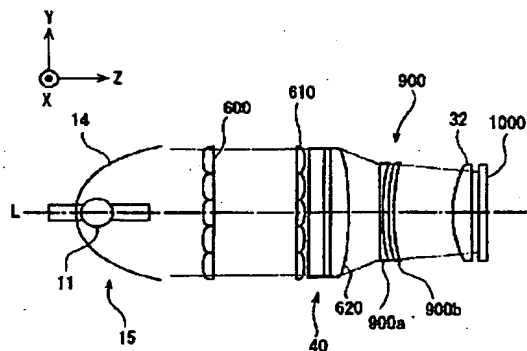
【図 8】



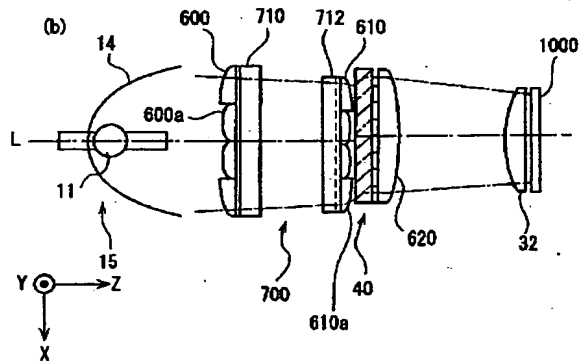
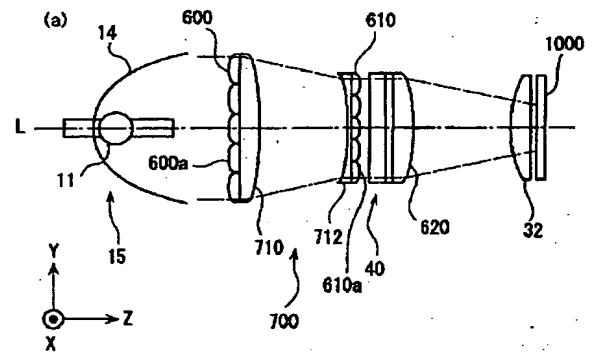
【図 10】



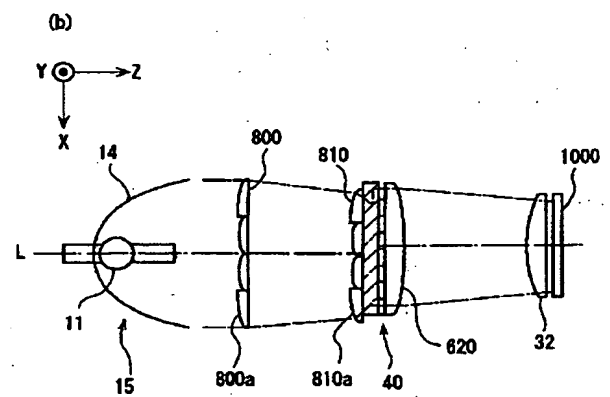
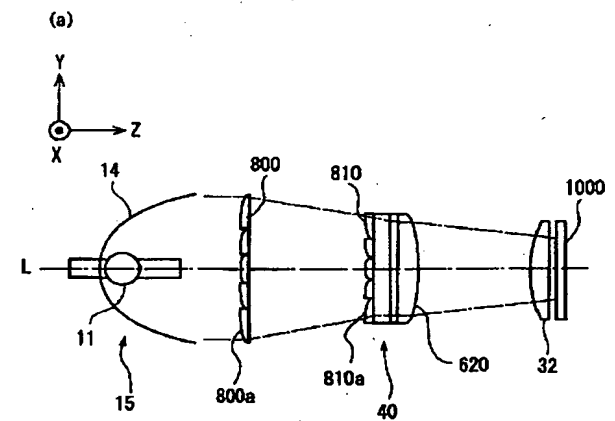
【図 12】



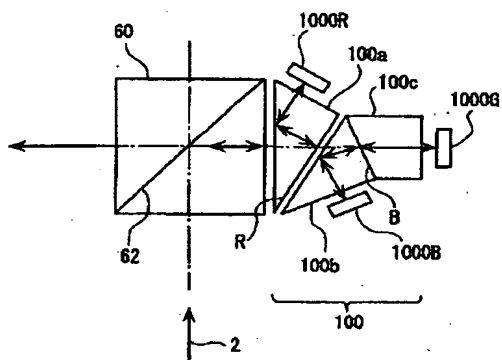
【図 9】



【図 11】



【図13】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成16年11月25日(2004.11.25)

【公開番号】特開2001-215613(P2001-215613A)

【公開日】平成13年8月10日(2001.8.10)

【出願番号】特願2000-28369(P2000-28369)

【国際特許分類第7版】

G 0 3 B 21/00

G 0 2 F 1/13

G 0 2 F 1/1335

【F I】

G 0 3 B 21/00 D

G 0 2 F 1/13 5 0 5

G 0 2 F 1/1335 5 2 0

【手続補正書】

【提出日】平成15年12月4日(2003.12.4)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

光源からの光を、複数の部分光束に分割する光束分割光学素子と、
前記複数の部分光束のそれぞれを偏光方向が略揃った1種類の偏光光に変換する偏光変換素子と、
前記偏光変換素子から射出された照明光束を変調する電気光学装置と、
前記電気光学装置によって変調された光を投写する投写レンズと、
前記照明光束に含まれる所定の偏光成分の光を選択して前記電気光学装置に向けて射出するとともに、前記電気光学装置によって変調された光のうち所定の偏光成分の光を選択して前記投写レンズに向けて射出する偏光選択面と、
を備えたプロジェクタであって、
偏光選択面の法線と前記照明光束の中心軸とによって規定される面を入射面とし、この入射面と平行で前記中心軸と直交する方向をX軸方向、前記入射面と直交する方向をY軸方向と規定したとき、前記偏光変換素子による偏光分離の方向は、前記X軸方向であることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項2】

請求項1に記載のプロジェクタにおいて、
前記電気光学装置は、前記偏光選択面で透過および反射された光のいずれかが入射する位置に配置され、入射した光を変調し、光が入射した面から変調光を射出する反射型液晶装置であることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項3】

請求項1または請求項2に記載のプロジェクタにおいて、
前記光束分割光学素子は、前記Y軸方向の前記複数の光源像の間隔を狭めるように構成されることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項4】

請求項3に記載のプロジェクタにおいて、
前記光束分割光学素子は、入射端面から入射した光を複数対の反射面にて反射させ、その

反射位置の違いに応じて光を分割し、射出端面から複数の部分光束として射出するロッドであり、

前記 Y 軸方向において対向する一对の反射面の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向うに従って次第に広がるように配置されることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 5】

請求項 4 に記載のプロジェクトにおいて、

前記ロッドは、前記 X 軸方向において対面する一对の反射面の間隔が前記入射端面から前記射出端面に向って次第に狭くなるように配置されることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 6】

請求項 4 または請求項 5 に記載のプロジェクトにおいて、

前記ロッドは、その射出端面が前記電気光学装置の表示領域の形状と略相似形となっていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 7】

請求項 3 に記載のプロジェクトにおいて、

前記光束分割光学素子は、前記 X 軸方向および Y 軸方向に複数の集光レンズを配列して構成されるレンズアレイであることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のプロジェクトにおいて、

前記複数の集光レンズは、前記電気光学装置の表示領域の形状と略相似形となっていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 9】

請求項 7 または請求項 8 に記載のプロジェクトにおいて、

前記複数の集光レンズは、偏心レンズを含むことを特徴とするプロジェクト。

【請求項 10】

請求項 7 ～請求項 9 のいずれかに記載のプロジェクトにおいて、

前記光源と前記偏光変換素子との間には、前記照明光束の全体の断面寸法を前記 Y 軸方向に縮める縮小光学系が配置されていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のプロジェクトにおいて、

前記縮小光学系は、さらに、前記照明光束の全体の断面寸法を前記 X 軸方向にも縮めることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 12】

請求項 10 または請求項 11 に記載のプロジェクトにおいて、前記縮小光学系は、前記光束分割光学素子の入射側または射出側の一方に配置された少なくとも 1 つの凸レンズと、前記偏光変換素子の入射側に配置された少なくとも 1 つの凹レンズとを備えていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 13】

請求項 10 ～12 のいずれかにおいて、前記凸レンズ、前記凹レンズのうち少なくとも一方が、2 つ以上のレンズの組み合わせによって構成されていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 14】

請求項 1 ～請求項 9 のいずれかに記載のプロジェクトにおいて、

前記偏光変換素子と前記偏光選択面との間には、前記照明光束の全体の断面寸法を前記 Y 軸方向に縮める縮小光学系が配置されていることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 15】

請求項 14 に記載のプロジェクトにおいて、

前記縮小光学系は、さらに、複数の部分光束からなる光束全体の断面寸法を前記 X 軸方向に縮めることを特徴とするプロジェクト。

【請求項 16】

請求項 14 または請求項 15 に記載のプロジェクトにおいて、前記縮小光学系は、少なく

とも1つ以上の凹レンズを用いて構成される組レンズであることを特徴とするプロジェクタ。

【請求項17】

請求項1～請求項16のいずれかに記載のプロジェクタにおいて、
前記偏光変換素子は、2種類の偏光光のうち、一方の偏光光を透過し、他方の偏光光を反射する偏光分離膜と、前記2種類の偏光光の射出方向を揃えるために、前記他方の偏光光を反射する反射膜と、前記2種類の偏光光の偏光方向を揃える位相差板とを有することを特徴とするプロジェクタ。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.